

Process and device for carrying out reactions in reactor with slot-shaped reaction spaces

Publication number: DE10042746

Publication date: 2002-03-28

Inventor: SCHUETTE RUEDIGER (DE); BALDUF TORSTEN (DE); BECKER CATRIN (DE); HEMME INA (DE); BERTSCH-FRANK BIRGIT (DE); WILDNER WERNER (DE); ROLLMANN JUERGEN (DE); MARKOWZ GEORG (DE)

Applicant: DEGUSSA (DE)

Classification:






- international: B01F5/00; B01F5/04; B01J8/02; B01J19/00; B01J19/24; C01B15/029; C07B61/00; C07C45/35; C07C47/21; C07C51/25; C07C57/05; C07D301/12; C07D303/04; F28D9/00; B01F13/00; B01F5/00; B01F5/04; B01J8/02; B01J19/00; B01J19/24; C01B15/00; C07B61/00; C07C45/00; C07C47/20; C07C51/16; C07C57/00; C07D301/00; C07D303/00; F28D9/00; B01F13/00; (IPC1-7): B01J19/00; B01J8/00; C01B15/029; C07C45/35; C07C47/22; C07C57/05; C07D301/12

- european: B01F5/04C; B01J19/00R; B01J19/24R4; C01B15/029; C07C45/35; C07C51/25B; C07D301/12; F28D9/00L

Application number: DE20001042746 20000831

Priority number(s): DE20001042746 20000831

Also published as:

 WO0218042 (A1)
 US2002028164 (A1) *corresp.*
 MXPA03001683 (A)
 EP1313554 (A0)
 CA2420622 (A1)

more >>

Report a data error here

Abstract not available for DE10042746

Abstract of corresponding document: **US2002028164**

Reactions between at least two fluid reactants are performed in a reactor comprising wall elements (1), slot-shaped reaction spaces (3) and cavities (5) for conducting a fluid heatcarrier through. Depending on the process and throughput, a modular structural design is chosen wherein an arbitrary number of wall elements (1) are assembled to a right-parallelepipedal block (24), the reaction spaces (3) are formed between lateral surfaces (2) of right-parallelepipedal wall elements (1), the reactants are introduced into the reaction spaces (3) from edge regions of one side of the block (24) and are conducted through the reaction spaces (3) in parallel flows and the fluid heat-carrier is conducted through the tubular cavities (5) extending in the interior of the wall elements (1).

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 100 42 746 A 1

21 Aktenzeichen: 100 42 746.4
22 Anmeldetag: 31. 8. 2000
43 Offenlegungstag: 28. 3. 2002

51 Int. Cl. 7:
B 01 J 19/00
B 01 J 8/00
C 01 B 15/029
C 07 C 45/35
C 07 C 47/22
C 07 D 301/12
C 07 C 57/05

DE 100 42 746 A 1

71 Anmelder:
Degussa AG, 40474 Düsseldorf, DE

72 Erfinder:
Schütte, Rüdiger, Dr., 63755 Alzenau, DE; Balduf,
Torsten, Dr., 63456 Hanau, DE; Becker, Catrin, Dr.,
65929 Frankfurt, DE; Hemme, Ina, Dr., 63450 Hanau,
DE; Bertsch-Frank, Birgit, Dr., 42329 Wuppertal, DE;
Wildner, Werner, Dr., 63755 Alzenau, DE; Rollmann,
Jürgen, 63762 Großostheim, DE; Markowz, Georg,
Dr., 63791 Karlstein, DE

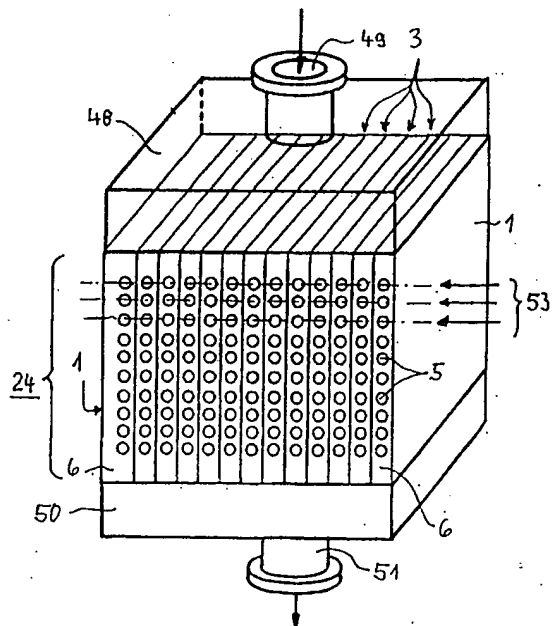
56 Entgegenhaltungen:
DE 195 44 895 C1
DE 197 53 720 A1
US 50 15 444 A
EP 09 77 293 A2
WO 00 15 550 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zum Durchführen von Reaktionen in einem Reaktor mit spaltförmigen Reaktionsräumen

57 Beim Durchführen von Reaktionen zwischen mindestens zwei fluiden Reaktanten wird ein Reaktor verwendet, in dem sich Wandelemente (1), spaltförmige Reaktionsräume (3) und Hohlräume (5) zur Durchleitung eines fluiden Wärmeträgers befinden. Zur Anpassung an unterschiedliche Prozesse und Durchsatzmengen wird eine Modulbauweise gewählt, bei der eine beliebige Anzahl von Wandelementen (1) zu einem quaderförmigen Block (24) zusammengesetzt werden kann, wobei
a) die spaltförmigen Reaktionsräume (3) zwischen Seitenflächen (2) von jeweils zwei im wesentlichen gleich großen und im wesentlichen quaderförmigen Wandelementen (1) gebildet werden, wobei die Wandelemente (1) austauschbar in dem Block (24) innerhalb eines virtuellen Quaders angeordnet werden,
b) die Reaktanten von auf der gleichen Seite des Blocks (24) liegenden Randbereichen aus in die spaltförmigen Reaktionsräume (3) eingeleitet und als Reaktionsgemisch in gleichen Richtungen in Parallelströmen durch die Reaktionsräume (3) geleitet werden und wobei
c) der fluide Wärmeträger durch die im Innern der Wandelemente (1) verlaufenden Hohlräume (5) hindurchgeleitet wird.



DE 100 42 746 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Durchführen von Reaktionen zwischen mindestens zwei fluiden Reaktanten unter Verwendung eines Reaktors, in dem sich Wandelemente, spaltförmige Reaktionsräume und Hohlräume zur Durchleitung eines fluiden Wärmeträgers befinden.

[0002] Durch die DE 33 42 749 A1 ist ein Plattenreaktor für chemische Synthesen unter hohem Druck bekannt, bei dem die Platten als flache, von Blechwänden begrenzte Quader ausgebildet sind, die jeweils eine mit einem Katalysator gefüllte Kammer bilden, deren beide größte Wände gasundurchlässig sind. Die Strömung der Reaktionsgase durch den granulatformigen Katalysator erfolgt entweder waagrecht oder senkrecht durch zwei offene oder durchbrochene, jeweils gegenüberliegende Schmalseiten der Quader. Zur Beheizung oder Kühlung (je nach der Reaktion, entweder exotherm oder endotherm) sind in den Kammern Kühlkanäle zur Umwälzung eines flüssigen Wärmeträgers vorgesehen. Diese Kühlkanäle können durch Blechstrukturen gebildet werden, die als Stege, Wellblech oder dergleichen ausgebildet und mit den glatten Wänden fest verbunden sind, beispielsweise durch Schweißen. Die Gesamtheit der Kammern ist im Umriss der Form eines zylindrischen Reaktors angepaßt, so daß die Kammern teilweise unterschiedliche Größen besitzen, und werden nacheinander, z. B. auch gruppenweise, von den Reaktionsgasen durchströmt. Die Bauweise ist enorm aufwendig, und die an sich schon geringe Produktionsmenge kann allenfalls durch axiale Verlängerung und/oder eine Parallelschaltung mehrerer Reaktoren vergrößert werden.

[0003] Durch die EP 0 691 701 A1 ist ein gestapelter Reforming-Generator bekannt, bei dem zur Durchführung endothermer Reaktionen jeweils eine Reforming-Kammer mit nachgeschaltetem Wärmerückgewinnungsmedium zwischen zwei Brennkammern mit nachgeschaltetem Wärmerückgewinnungsmedium eingebettet ist. Die Strömungsrichtung der Gase in den Reforming-Kammern und in den Brennkammern ist dabei jeweils entgegengesetzt, wobei vor den jeweils nachgeschalteten Wärmerückgewinnungskammern semipermeable Wände angeordnet sind. Das Wärmerückgewinnungsmedium besteht beispielhaft aus Kugeln aus Aluminiumoxid. Zur Verbesserung des Wärmeaustauschs sind zwischen den einzelnen Kammern waagrechte Wärmeleitbleche angeordnet, die im Heizungsbereich mit Brennstoff-Durchlassöffnungen versehen sind. Zwischen einer jeden solchen Dreiergruppe befindet sich wiederum eine Brennstoff-Verteilerkammer. Die Vorrichtung ist außerordentlich kompliziert im Aufbau und für exotherme Prozesse weder vorgesehen noch geeignet, da die Vorrichtung keine Kühlkanäle besitzt, was dem Sinn und Zweck der bekannten Lösung zuwider laufen würde. Die Bauweise, die für einen Betrieb bei Hochdruck nicht geeignet ist, dient dem Zweck, die Baulänge durch den Wegfall besonderer Aufheizzonen zu verkürzen.

[0004] Durch die DE 44 44 364 C2 ist ein senkrechter Festbettreaktor mit rechteckigem Gehäuse-Querschnitt für exotherme Reaktionen zwischen Gasen bekannt, bei dem das Festbett aus Katalysatoren zur Bildung von getrennten Strömungskanälen und eines Plattenwärmetauschers durch senkrechte Trennwände unterteilt ist. Unterhalb und oberhalb der Strömungskanäle befinden sich in alternierender Anordnung jeweils katalysatorfreie Zwischenräume. Die Gase treten am oberen Ende des Festbetts aus einem Teil der Strömungskanäle aus und werden durch seitliche Überströmkanäle wieder unter das Festbett geleitet, von wo sie durch die jeweils anderen Strömungskanäle einem Gasaus-

trittsstutzen zugeführt werden.

[0005] Die Vorrichtung ist für endotherme Prozesse weder vorgesehen noch geeignet, da die Vorrichtung keine Mittel für eine Wärmezufuhr besitzt. Außerdem ist die Bauweise wegen des rechteckigen Querschnitts des Gehäuses für einen Betrieb bei Hochdruck nicht geeignet.

[0006] Durch die EP 0 754 492 A2 ist ein Platten-Reaktor für Reaktionen von fluiden Medien bekannt, der als statischer Mischer mit Wärmeaustausch ausgeführt ist. Zu diesem Zweck werden zahlreiche Platten aufeinander gestapelt, von denen die unterste nach außen hin geschlossen ist und die oberste nach außen hin lediglich Bohrungen für den Ein- und Austritt der umzusetzenden oder umgesetzten Medien und eines Wärmeträgermediums besitzt. Die jeweils zweiten Platten von unten und oben besitzen zusätzlich einseitig offene Ausnehmungen für die Umlenkung der Reaktanden durch den Stapel in Mäanderform. In den dazwischen liegenden Platten befinden sich X- oder kleeblattförmige und in Stapelrichtung miteinander verbundene Misch- und Reaktionskammern. Auch der Wärmetauscherkanal ist in Mäanderform durch den Plattenstapel hindurchgeführt. Die Platten bestehen aus gut wärmeleitfähigem Material, vorzugsweise aus Metallen und Legierungen, haben eine Dicke zwischen 0,25 und 25 mm, und können durch Mikrobearbeitung, Ätzen, Stanzen, lithografische Verfahren etc. hergestellt werden. Sie sind an ihren Flächen außerhalb der Durchbrüche, d. h. auf dem Umfang, fest und dicht miteinander verbunden, beispielsweise durch Klemmung, Bolzen, Nieten, Löten, Kleben etc. und bilden dadurch ein Laminat. Die komplizierten Strömungswege verursachen hohe Strömungswiderstände und sind nicht mit Katalysatoren füllbar. Die Herstellung ist wegen der erforderlichen Bearbeitung extrem aufwendig, weil alle Berührungsflächen feingeschliffen werden müssen.

[0007] Durch die DE 197 54 185 C1 ist ein Reaktor für die katalytische Umsetzung von fluiden Reaktionsmedien bekannt, bei dem ein Festbett aus Katalysatormaterial, das sich auf einem Siebboden abstützt, durch senkrechte Thermobleche unterteilt ist, die aus je zwei mehrfach kissenförmig verformten Blechen bestehen, die unter Einschluß eines Raumes für die Durchleitung eines Kühl- oder Heizmediums an rasterförmig verteilten Punkten miteinander verschweißt sind. Durch die Festbettsäulen zwischen den Thermoblechen einerseits und die Hohlräume in den Thermoblechen andererseits werden die Reaktionsmedien und ein Wärmeträgermedium im Gegenstrom hindurchgeleitet. Der Reaktorbehälter ist als senkrechter Zylinder ausgeführt, und die Thermobleche sind dem Zylinder angepaßt, haben also unterschiedliche Größen. Auch hierbei kann die Produktionsmenge allenfalls durch axiale Verlängerung und/oder eine Parallelschaltung mehrerer Reaktoren vergrößert werden.

[0008] Durch die DE 198 16 296 A1 der gleichen Anmelderin ist es bekannt, in einem Reaktor, der sowohl eine Festbettschüttung aus partikelförmigen Katalysatoren als auch flächige monolithische Träger enthalten kann, die mit Kanälen versehen, als Wärmetauscher ausgebildet und mit Beschichtungen aus Katalysatormaterial versehen sind, aus Wasser, Wasserstoff und Sauerstoff eine wässrige Lösung mit Wasserstoffperoxid zu erzeugen. Als Katalysatoren werden Elemente aus der 8. und/oder 1. Nebengruppe des Periodensystems angegeben, wie Ru, Rh, Pd, Ir, Pt und Au, wobei Pd und Pt besonders bevorzugt sind. Als Trägermaterialien werden Aktivkohle, wasserunlösliche Oxide, Mischoxide, Sulfate, Phosphate und Silikate von Erdalkalimetallen, Al, Si, Sn und Metallen der 3. bis 6. Nebengruppe angegeben. Oxide des Siliziums, Aluminiums, Zinns, Titans, Zirkoniums, Niobs und des Tantals sowie Bariumsulfat werden

als bevorzugt angegeben. Als Materialien für monolithische Träger werden metallische oder keramische Wände mit der Funktion von Wärmetauschern analog Plattenwärmetauschern genannt. Der angegebene Versuchsreaktor hatte einen Innendurchmesser von 18 mm bei einer Länge von 400 mm. Die Temperaturen lagen im Bereich von 0 bis 90°C, vorzugsweise 20 bis 70°C, die Drücke zwischen Atmosphärendruck und etwa 10 MPa, vorzugsweise zwischen etwa 0,5 und 5 MPa. Auch gegenüber diesem Stand der Technik kann die Produktionsmenge allenfalls durch axiale Verlängerung und/oder eine Parallelschaltung mehrerer Reaktoren vergrößert werden.

[0009] Ferner sind sogenannte Mikroreaktoren bekannt, bei den die Abmessungen der Strömungskanäle im Bereich von wenigen hundert Mikrometern liegen (in der Regel < 100 µm). Daraus ergeben sich hohe Transportgrößen (Wärme- und Stoffübergangsparameter). Die feinen Kanäle wirken als Flammensperren, so dass sich keine Explosionen ausbreiten können. Bei toxischen Reaktanten führt ein kleines Speichervolumen (hold-up) zusätzlich zu inhärent sicheren Reaktoren. Aufgrund der geringen Abmessungen ist aber eine Füllung der Kanäle mit Katalysatoren unmöglich. Ein weiterer entscheidender Nachteil ist die aufwendige Herstellung. Um eine Verstopfung der feinen Kanäle zu vermeiden, ist darüber hinaus für einen entsprechenden Filterschutz vor dem Reaktor zu sorgen. Große Produktionsmengen können nur durch Parallelschaltungen vieler solcher Reaktoren erreicht werden. Ferner können die Reaktoren nur dann bei höheren Drücken betrieben werden, wenn sich das Kühlmedium auf gleichem Druckniveau befindet.

[0010] Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen es möglich ist, wahlweise exotherme und endotherme Prozesse zwischen mehreren fluiden Reaktanten mit und ohne Katalysatoren durchzuführen, wobei der Reaktionsbereich des Reaktors in Modulbauweise ausgeführt ist, so daß es möglich ist, die Produktionsmenge den Anforderungen anzupassen.

[0011] Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs angegebenen Verfahren erfindungsgemäß dadurch, daß

- a) die spaltförmigen Reaktionsräume zwischen Seitenflächen von jeweils zwei im wesentlichen gleich großen und im wesentlichen quaderförmigen Wandelementen gebildet werden und daß die Wandelemente austauschbar in einem Block innerhalb eines virtuellen Quaders angeordnet werden,
- b) die Reaktanten von auf der gleichen Seite des Blocks liegenden Randbereichen aus in die spaltförmigen Reaktionsräume eingeleitet und als Reaktionsgemisch in gleichen Richtungen in Parallelströmen durch die Reaktionsräume geleitet werden, und daß
- c) der fluide Wärmeträger durch die im Innern der Wandelemente verlaufenden Hohlräume hindurchgeleitet wird.

[0012] Durch die Erfindung wird die gestellte Aufgabe in vollem Umfang gelöst; insbesondere ist es möglich, wahlweise exotherme und endotherme Prozesse zwischen mehreren fluiden Reaktanten (Gase und/oder Flüssigkeiten) mit und ohne Katalysatoren durchzuführen, wobei der Reaktionsbereich des Reaktors in Modulbauweise ausgeführt ist, so dass es möglich ist, die Produktionsmenge den Anforderungen anzupassen.

[0013] Es ergeben sich jedoch noch weitere Vorteile:

- Verbindung der Mikroreaktionstechnologie mit den

Vorteilen einer einfachen Fertigung nach klassischen Werkstattstechniken,

- leichter Austausch einzelner Wandelemente,
- nahezu beliebige Dicke der Wandelemente ohne Beeinträchtigung der Funktion,
- Vergrößerung der spezifischen Oberfläche durch Profilierung/Aufrauung,
- direkte völlige oder teilweise Beschichtung der Seitenflächen mit unterschiedlichem Katalysatormaterial durch Tränken, Spritzen, Drucken oder dergleichen mit unterschiedlicher Dicke,
- Füllung der Reaktionsräume mit Katalysatorpartikeln unterschiedlicher Größe,
- Möglichkeiten von Reaktionen Gase/Gase - Gase/Flüssigkeiten - Flüssigkeiten/Flüssigkeiten,
- Aufprägung von Strömungsmustern und -kanälen, z. B. zur Drainage und zum Abfließenlassen von flüssigen Reaktionsprodukten, einfache Abscheidung,
- Veränderungsmöglichkeit der Spaltweiten,
- Mischung der Reaktanten erst in den Reaktionsräumen, gute Reaktionsführung,
- Vermeidung von Rückströmungen aus den Reaktionsräumen,
- gute Regelbarkeit aufgrund hoher Wärmeübergangskoeffizienten und großer Flächen, d. h. schnelles Ansprechen auf Veränderungen der Belastung und/oder der Temperatursollwerte und gleichmäßiges Temperaturprofil, und dadurch längere Katalysatorstandzeiten durch Vermeidung von "Hot-Spots",
- inhärente Sicherheit beim Umsetzen von ansonsten explosiven Reaktionsgemischen,
- geringes Totvolumen ("hold-up-volume"),
- Möglichkeit des Arbeitens unter hohem Druck, geringe Druckverluste in den Reaktionsräumen,
- Eintauchbarkeit in flüssige Lösungsmittel und Betriebbarkeit mit einem Sumpf, der von außen temperiert (beheizt/gekühlt) werden kann und einen leichten Abbruch der Reaktion durch "Quenchen" und/oder Waschen ermöglicht,
- mögliche Zugabe von Inhibitoren, um Folgereaktionen zu verhindern, Reduzierbarkeit des Gas-/Flüssigkeitsvolumens durch Füll- und/oder Verdrängerkörper im Druckbehälter jenseits des Produktaustritts im Sumpf,
- Reduzierung der Zahl der Anschlüsse und leichtere Abdichtbarkeit gegen Leckagen (wichtig bei toxischen Komponenten),
- kleine Diffusionswiderstände, hohe Raum-Zeit-Ausbeuten, insbesondere höhere Durchsätze als bei den bekannten Mikroreaktoren, einfacheres "scale-up" vom Labor- zum Produktionsmaßstab durch Vervielfältigung ("number-up"),
- einfache und kompakte Bauweise, Reduzierung von Investitions- und Betriebskosten (Wartung, Energieverbrauch),
- Möglichkeit des Baus von Kleinanlagen.

[0014] Es ist dabei im Zuge weiterer Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders vorteilhaft, wenn

- mindestens ein Reaktant durch die Wandelemente zugeführt und durch mindestens eine der Seitenflächen der Wandelemente in den betreffenden Reaktionsraum eingeleitet wird,
- auf mindestens einer Seite des Blocks ein Verteilermedium angeordnet wird, von dem aus die Reaktionsräume mit den Reaktanten versorgt werden,

- als Verteilermedium ein Festkörper mit Gruppen von Kanälen verwendet wird, deren Querschnitte so klein gewählt werden, daß in ihnen bei der Zufuhr von Reaktanten, die ein explosives Gemisch bilden, keine Flammenausbreitung möglich ist,
- als Verteilermedium ein Schüttkörper mit einer Korngröße und Zwischenräumen verwendet wird, die so klein gewählt werden, daß in ihnen bei der Zufuhr von Reaktanten, die ein explosives Gemisch bilden, keine Flammenausbreitung möglich ist,
- die Spaltweite der Reaktionsräume zwischen 0,05 und 5 mm gewählt wird,
- die Reaktionsräume mit granulatförmigem Katalysator gefüllt werden,
- die den Reaktionsräumen zugekehrten Seitenflächen der Wandelemente mindestens stellenweise mit Katalysatormaterial überzogen werden,
- die den Reaktionsräumen zugekehrten Seitenflächen der Wandelemente zur Vergrößerung der Oberfläche mit einer Profilstruktur versehen werden,
- die Wandelemente mindestens teilweise in ein Lösungsmittel eingetaucht werden,
- als Lösungsmittel Wasser, ggf. mit mindestens einem Zusatz von Inhibitoren verwendet wird, die einen Zerfall und/oder Abbau des Reaktionsprodukts verhindern, und/oder, wenn
- das Verfahren zur Herstellung von Wasserstoffperoxid aus Wasser(dampf), Wasserstoff und Luft, ggf. angereichert mit Sauerstoff, oder Sauerstoff verwendet wird.

[0015] Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Durchführen von Reaktionen zwischen mindestens zwei fluiden Reaktanten unter Verwendung eines Reaktors, in dem sich Wandelemente, spaltförmige Reaktionsräume und Hohlräume zur Durchleitung eines fluiden Wärmeträgers befinden.

[0016] Zur Lösung der gleichen Aufgabe ist eine solche Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß

- a) die spaltförmigen Reaktionsräume zwischen Seitenflächen von jeweils zwei im wesentlichen gleichgroßen und im wesentlichen quaderförmigen Wandelementen angeordnet sind und daß die Wandelemente austauschbar in einem Block innerhalb eines virtuellen Quaders angeordnet sind,
- b) die Zufuhr der Reaktanten in die spaltförmigen Reaktionsräume von der gleichen Seite des Blocks durchführbar ist, wobei das Reaktionsgemisch in gleichen Richtungen und in Parallelströmen durch die Reaktionsräume hindurchführbar ist und daß
- c) die Wandelemente mindestens je einen Hohlraum zum Hindurchleiten des fluiden Wärmeträgers durch das Wandelement besitzen.

[0017] Verfahren und Vorrichtung eignen sich beispielhaft für folgende Prozesse:

- Selektive Hydrierungen und Oxidationen,
- Acroleinherstellung durch katalytische Oxidation von Propen mit einem O₂ enthaltenden Gas bei gegenüber Luft erhöhter Sauerstoffkonzentration unter Selektivitätserhöhung, beispielsweise in Gegenwart eines Mo-haltigen Katalysators bei einer Temperatur im Bereich von 350 bis 500°C und einem Druck im Bereich von 0,1 bis 5 MPa,
- Herstellung von Acrylsäure durch katalytische Oxidation von Propen, beispielsweise in Gegenwart eines

Mohaltigen Katalysators und eines Promotors bei 250 bis 350°C und 0,1 bis 0,5 MPa,

- Herstellung von Ethylen- bzw. Propylenoxid aus Ethylen bzw. Propylen und gasförmigem Wasserstoffperoxid in Gegenwart eines oxidischen oder silikatischen Katalysators, wie Titansilikalit, bei einer Temperatur im Bereich von 60 bis 200°C und einem Druck im Bereich von 0,1 bis 0,5 MPa,
- Wasserstoffperoxid-Direktsynthese aus H₂ und O₂ oder einem O₂-haltigen Gas in Gegenwart eines Edelmetallkatalysators und Wasser oder Wasserdampf – beispielsweise gemäß dem Verfahren der DE-A 198 16 296 und solchen von darin zitierten weiteren Dokumenten. Als Katalysatoren können hierbei Elemente aus der 8. und/oder 1. Nebengruppe des Periodensystems verwendet werden, wie Ru, Rh, Pd, Ir, Pt und Au, wobei Pd und Pt besonders bevorzugt sind. Die Katalysatoren können per se, z. B. als Suspensionskatalysatoren, oder in Form von Trägerkatalysatoren als Schüttung in den spaltförmigen Reaktionsräumen eingesetzt werden, oder sie sind direkt oder durch Vermittlung von schichtbildenden Trägermaterialien an den Wandelementen fixiert. Als Trägermaterialien können Aktivkohle, wasserunlösliche Oxide, Mischoxide, Sulfate, Phosphate und Silikate von Erdalkalimetallen, Al, Si, Sn und Metallen der 3. bis 6. Nebengruppe verwendet werden. Oxide des Siliziums, Aluminiums, Zinns, Titans, Zirkoniums, Niobs und des Tantals sowie Bariumsulfat sind bevorzugt. Die Reaktionstemperaturen liegen bei der Direktsynthese von Wasserstoffperoxid beispielhaft im Bereich von 0 bis 90°C, vorzugsweise 20 bis 70°C, die Drücke zwischen Atmosphärendruck und etwa 10 MPa, vorzugsweise zwischen etwa 0,5 und 5 MPa.

[0018] Es ist dabei im Zuge weiterer Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung besonders vorteilhaft, wenn – entweder einzeln oder in Kombination –:

- in den Wandelementen jeweils mindestens ein Zuleitungskanal angeordnet ist, der durch mindestens eine der Seitenflächen der Wandelemente in den betreffenden Reaktionsraum einmündet,
- auf mindestens einer Seite des Blocks ein Verteilermedium angeordnet ist, durch das die Reaktionsräume mit den Reaktanten versorgbar sind,
- das Verteilermedium ein Festkörper mit Gruppen von Kanälen ist, deren Querschnitte so klein gewählt sind, daß in ihnen bei der Zufuhr von Reaktanten, die ein explosives Gemisch bilden, keine Flammenausbreitung möglich ist,
- das Verteilermedium ein Schüttkörper mit einer Korngröße und Zwischenräumen ist, die so klein gewählt sind, daß in ihnen bei der Zufuhr von Reaktanten, die ein explosives Gemisch bilden, keine Flammenausbreitung möglich ist,
- die Spaltweite der Reaktionsräume zwischen 0,05 und 5 mm beträgt,
- die Reaktionsräume mit granulatförmigem Katalysator gefüllt sind,
- die den Reaktionsräumen zugekehrten Seitenflächen der Wandelemente mindestens stellenweise mit Katalysatormaterial überzogen sind,
- die den Reaktionsräumen zugekehrten Seitenflächen der Wandelemente zur Vergrößerung der Oberfläche mit einer Profilstruktur versehen sind,
- die Wandelemente mindestens teilweise in ein Lösungsmittel eingetaucht sind,

- die Reaktionsräume an den parallel zur Strömungsrichtung der Reaktanten verlaufenden Schmalseiten der Wandelemente durch Platten verschlossen sind, in denen sich Öffnungen für die Zu- und Ableitung eines Wärmeträgers in die Wandelemente und aus den Wandelementen befinden,
- sich in den Platten weitere Öffnungen für die Zuleitung mindestens eines der Reaktanten in die Wandelemente befinden und daß die Wandelemente mit mindestens je einem Zuleitungskanal versehen sind, der über Austrittsöffnungen in jeweils einen der Reaktionsräume einmündet,
- die Wandelemente jeweils mit einer Gruppe von rohrförmigen Hohlräumen versehen sind, die parallel zu den Seitenflächen der Wandelemente verlaufen und an ihren Enden durch die auf die Schmalseiten der Wandelemente aufgesetzten Platten verschlossen sind, in denen sich die mit den Hohlräumen fluchtenden Öffnungen für den Wärmeträger befinden,
- die Platten auf ihren Außenseiten und vor den Öffnungen mit quer zu den Wandelementen verlaufenden Strömungskanälen für mindestens einen der Reaktanten und/oder Wärmeträger versehen sind,
- die Platten auf ihren den Wandelementen abgekehrten Außenseiten von einem Verteilerkörper überdeckt sind, in dem sich Strömungskanäle befinden, in die die Öffnungen der Platten einmünden,
- die Strömungskanäle durch halbierte Rohrabschnitte gebildet sind, die fest mit den Platten verbunden sind,
- die Wandelemente als Block in einem Druckbehälter untergebracht sind,
- der Druckbehälter mindestens teilweise mit einem Lösungsmittel füllbar ist,
- der Druckbehälter einen Deckel mit einer Trennwand und zwei Anschlußstutzen für die Zuleitung von zwei Reaktanten besitzt und die Trennwand auf das Verteilermedium aufsetzbar ist,
- die Spaltbreite der Reaktionsräume durch Variation der Dicke von Abstandshaltern veränderbar ist.

[0019] Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes werden nachfolgend anhand der Fig. 1 bis 10 näher erläutert.

[0020] Es zeigen:

[0021] Fig. 1 eine perspektivische Explosionsdarstellung einer Gruppe aus zwei Wandelementen,

[0022] Fig. 2 eine perspektivische Prinzipdarstellung einer Reihenanordnung von zahlreichen Wandelementen nach Fig. 1,

[0023] Fig. 3 einen Vertikalschnitt durch eine Reihenanordnung nach Fig. 2 über dem Boden eines druckfesten Reaktors,

[0024] Fig. 4 den Ausschnitt aus dem Kreis A in Fig. 3 in vergrößertem Maßstab, perspektivisch ergänzt,

[0025] Fig. 5 eine teilweise vertikal geschnittene Seitenansicht durch den Gegenstand von Fig. 3 nach Drehung um einen Winkel von 90 Grad,

[0026] Fig. 6 den Gegenstand von Fig. 2, schematisch ergänzt durch einen Verteilerraum und einem Sammelraum für Edukt(e) und Produkt,

[0027] Fig. 7 einen Vertikalschnitt durch eine Platte und einen Verteilerkörper mit Strömungskanälen für Reaktanten und/oder Wärmeträger,

[0028] Fig. 8 einen teilweisen Vertikalschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines Reaktors mit einem Druckbehälter,

[0029] Fig. 9 eine Unteransicht des Deckels des Druckbehälters nach Fig. 8.

[0030] Fig. 10 einen teilweisen Vertikalschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines Reaktors mit einem Druckbehälter.

[0031] In Fig. 1 sind – in Explosionsdarstellung – zwei Wandelemente 1 mit Seitenflächen 2 gezeigt, die zwischen sich einen Reaktionsraum 3 einschließen, durch den die Reaktanten in Richtung des Pfeils 4 hindurchströmen. In jedem der Wandelemente sind Hohlräume 5 in Form von Durchgangsbohrungen angeordnet, die parallel zu den Seitenflächen 2 verlaufen und in den Schmalseiten 6 der Wandelemente 1 enden. Alternative Lösungen sind weiter unten angegeben.

[0032] Die Wandelemente 1 sind als flache Quader ausgebildet, deren größte Flächen die Seitenflächen 2 sind. Diese Seitenflächen 2 können – wie gezeigt – mit einer Profilstruktur versehen, also beispielsweise aufgeraut, sein, um die wirksame Oberfläche zu vergrößern. Die Seitenflächen 2 können ferner ganz oder teilweise mit Oberflächenbelägen aus einem Katalysatorwerkstoff versehen sein, was hier jedoch nicht besonders dargestellt ist. Weitere Einzelheiten gehen aus Fig. 4 hervor. Auch ist es möglich, alternativ oder zusätzlich im Reaktionsraum 3 partikelförmige Katalysatoren anzuordnen, deren Größe der Spaltweite "s" (Fig. 4) angepaßt ist.

[0033] Fig. 2 zeigt die Vereinigung von dreizehn solcher gleich großer Wandelemente 1 zu einem quaderförmigen Block 24, jedoch ist diese Zahl variabel, worin einer der wesentlichen Zwecke der Erfindung liegt, nämlich die Anpassungsmöglichkeit an unterschiedliche Produktionsmengen und Prozesse. Der Stofftransport in gleichgerichteten Parallelströmen – hier von oben nach unten – ist durch Pfeile nur angedeutet.

[0034] Fig. 3 zeigt einen Vertikalschnitt durch eine Reihenanordnung nach Fig. 2 über dem Boden 7 eines druckfesten Reaktors, von dem hier die untere Flanschverbindung 8 gezeigt ist. Die Zufuhr von flüssigen Lösungsmitteln erfolgt über die Leitung 9, die Abfuhr von Restgasen über die Leitung 10, die Abfuhr des Endprodukts über die Leitung 11 und die Abfuhr von Sumpfmateriale über die Leitung 12, ggf. zur Reinigung.

[0035] Fig. 4 zeigt den Ausschnitt aus dem Kreis A in Fig. 3 in vergrößertem Maßstab und perspektivisch ergänzt, d. h. die Verhältnisse beiderseits eines Reaktionsraumes 3. Die Spaltweite "s" des Reaktionsraumes 3 wird durch Abstandshalter 13 in einem vorgegebenen Maß gehalten und beispielhaft zwischen 0,05 und 5 mm gewählt. Dieses Maß ist jedoch nicht kritisch, der Bereich kann auch unter- oder überschritten werden, beispielsweise auch über 25 mm. In den Wandelementen befinden sich die bereits beschriebenen Hohlräume 5 für die Durchleitung eines fluiden Wärmeträgers. Je nach dessen Temperierung kann bei einem exothermen Prozeß Wärme abgeführt oder bei einem endothermen Prozeß Wärme zugeführt werden. Als Wärmeträger können Wasser, Öle, Gase und ggf. auch das Produkt selbst verwendet werden.

[0036] In den Wandelementen 1 befinden sich ferner halbzylindrische Ausnehmungen 14, die sich zu einem im wesentlichen zylindrischen Zuleitungskanal 15 für einen ersten Reaktanten ergänzen. Ferner befinden sich in den Wandelementen weitere Zuleitungskanäle 16 für mindestens einen weiteren Reaktanten. Die Zuleitungskanäle 16 sind durch Austrittsöffnungen 17 mit dem jeweiligen Reaktionsraum 3 verbunden, wobei die Austrittsöffnungen 17 in die Seitenflächen 2 der Wandelemente einmünden, so daß sich die Reaktanten in den Reaktionsräumen 3 mischen können. Die Hohlräume 5, die Zuleitungskanäle 15 und 16 sowie die Reihe(n) von Austrittsöffnungen 17 verlaufen parallel zueinander und zu den Seitenflächen 2 der Wandelemente 1 und erstrecken

sich über deren gesamte Länge – in horizontaler Richtung gesehen.

[0037] Die Kühlkanäle (= Hohlräume (5)) lassen sich analog zur Ausbildung der Zuleitungskanäle (15) gemäß Fig. 4 auch derart ausgestalten, dass jedes Wandelement (1) parallel zu den Seitenflächen (2) in zwei Teilelemente gespalten ist und in den Spaltflächen halbzyklindrische oder anders ausgeformte Ausnehmungen angeordnet sind. Durch Zusammenpressen der jeweils zwei korrespondierenden Teilelemente bilden sich Hohlräume (5), durch welche ein fluider Wärmeträger strömen kann.

[0038] Die Spaltweite "s" wird dabei so gewählt, daß sich bei explosiven Reaktionsgemischen keine Flammen in den Reaktionsräumen 3 ausbreiten können. In Spezialfällen kann auch die örtliche Ausbildung von Explosionen in den Reaktionsräumen zugelassen werden, wobei nur konstruktiv dafür Sorge zu tragen ist, daß diese Explosionen nicht auf benachbarte Reaktionsräume überschlagen.

[0039] Wichtig ist hierbei, daß die Zuleitungskanäle 15 und 16 im (oberen) Randbereich der Wandelemente 1 bzw. der Reaktionsräume 3 verlaufen, so daß nahezu die gesamte (vertikale) Länge der Reaktionsräume 3 für die Reaktion zur Verfügung steht. Weitere Einzelheiten und Alternativen der Zu- und Abfuhr von Reaktanten und Wärmeträger werden anhand der nachfolgenden Figuren noch näher erläutert.

[0040] Fig. 5 zeigt eine teilweise geschnittene Seitenansicht durch den Gegenstand von Fig. 3 nach Drehung um eine senkrechte Achse um einen Winkel von 90 Grad. Durch die Zuleitungen 18 und 19 werden dem System zwei Reaktanten zugeführt, bei der Herstellung von Wasserstoffperoxid über die Zuleitung 18 Luft und über die Zuleitung 19 Wasserstoff. Auch der Transport des fluiden Wärmeträgers durch die Hohlräume 5 wird anhand der Fig. 5 näher erläutert: Die Schmalseiten 6 der Wandelemente 1 sind durch aufgesetzte Platten 20 verschlossen, in denen U-förmige Kanäle 21 für die Verbindung jeweils zweier Hohlräume 5 angeordnet sind. Dies ist allerdings nur auf der linken Seite des Blocks dargestellt. Der Wärmeträger wird durch eine Zuleitung 22 zugeführt und durch eine Ableitung 23 abgeführt.

[0041] Als Materialien für die Wandelemente können metallische oder keramische, im wesentlichen quaderförmige Platten und/oder Hohlkörper mit der Funktion von Wärmetauschern analog Plattenwärmetauschern verwendet werden. Die vorzugsweise aus Metall (z. B. nichtrostendem Stahl) hergestellten Wandelemente 1 können aus massiven Platten mit entsprechenden Bohrungen (Hohlräumen 5 und Zuleitungskanälen 16) und Ausnehmungen 14 bestehen. Alternativ können die Hohlräume 5, ggf. auch gruppenweise, zusammengefaßt werden, wobei innerhalb der dann größeren Hohlräume Leiteinrichtungen, z. B. Rippen, für eine Führung des Wärmeträgers angeordnet werden. Auch können die Wandelemente 1 aus plattenförmigen Teilen zusammengesetzt sein, die abgedichtet miteinander verbunden, beispielsweise verschraubt, sind. Wichtig ist nur, daß sie den teilweise erheblichen Druckdifferenzen (bis zu 10 MPa bzw. 100 bar) zwischen dem Wärmeträger und den Reaktanten standhalten.

[0042] Fig. 6 zeigt den Gegenstand von Fig. 2, schematisch und in dicken Linien ergänzt durch einen (oberen) Verteilerraum 48 mit einer zentralen Zuleitung 49 für Edukt(e) und einen (unteren) Sammelraum 50 mit einer Ableitung 51 für das Produkt. Über den Verteilerraum 48 kann einer der Reaktanten oder ein Gemisch aus den Reaktanten R1 und R2 zugeführt werden. Bei einem Gemisch kann auf die Zuleitungen 15 und 16 (in Fig. 4) verzichtet werden, wenn die Abstandshalter 13 unterbrochen sind. Bei explosiven Reaktionsgemischen kann außer nach der Anordnung in Fig. 2 auch nach den Anordnungen in den Fig. 8 bis 10 verfahren

werden.

[0043] Die offenen Schmalseiten 6 der Wandelemente 1 können durch eine Plattenkombination aus einer Platte 41 und einem Verteilerkörper 47 überdeckt werden, die über die Breite und Höhe aller Wandelemente 1 durchgehend ausgebildet ist und die in Fig. 7 – stark vergrößert – dargestellt ist. Fig. 7 zeigt einen Vertikalschnitt durch den oberen Randbereich einer solchen Plattenkombination 41/47 mit einem Strömungskanal 45 für einen der Reaktanten und Strömungskanälen 46 für den Wärmeträger. Für deren Ein- und/oder Austritt sind in der Platte 41 Öffnungen 42 und 43 angeordnet, die mit den Strömungskanälen 45 und 46 im Verteilerkörper 47 verbunden sind.

[0044] Die Strömungskanäle 45 und 46, die senkrecht zur Zeichenebene verlaufen, werden z. B. durch Nuten im Verteilerkörper 47 gebildet. Die Nuten können spanabhebend, durch Gießen oder Schmieden hergestellt werden. Dadurch entsteht eine große Gestaltfestigkeit, die den geforderten Druckdifferenzen standhält. Diese Plattenkombination 41/47 wird nun – mit ihren Öffnungen 42 und 43 mit den zugehörigen Kanälen in den Wandelementen 1 fluchtend – auf alle Schmalseiten 6 der Wandelemente 1 des Blocks 24 mittels einer Dichtung 54 dichtend aufgeschraubt. Von den zahlreichen Verschraubungen 52 sind nur wenige dargestellt. Dadurch erfolgt eine Versorgung der Wandelemente 1 entsprechend den Pfeilen 53 in Fig. 6. Durch gestrichelte Linien 55 ist angedeutet, daß auch mehrere Strömungskanäle 46 zu einem gemeinsamen Strömungskanal oder Verteilerraum zusammengefaßt werden können.

[0045] Die Plattenkombination 41/47 kann auch dahingehend umgestaltet werden, daß sie für eine Versorgung von Wandelementen 1 gemäß Fig. 4 geeignet ist.

[0046] Fig. 8 zeigt nun anhand eines teilweisen Vertikalschnitts eine Prinzipdarstellung eines vollständigen Reaktors, z. B. für die Herstellung von Wasserstoffperoxid. Ein quaderförmiger Block 24 aus mehreren Wandelementen 1 nach den Fig. 1 und 2 ist von oben in einen Druckbehälter 25 eingehängt, der bis zu einem Spiegel 26 mit einem Lösungsmittel 27, beispielsweise Wasser, gefüllt ist. Die spaltförmigen Reaktionsräume 3 verlaufen parallel zur Zeichenebene.

[0047] Der Druckbehälter 25 besitzt oben einen Deckel 28, der durch eine Trennwand 29 in zwei Kammern 30 und 31 unterteilt ist, wobei die Trennwand 29 abgedichtet auf ein Verteilermedium 37 aufgesetzt ist, das aus einem Festkörper (vorzugsweise aus Metall) mit zwei getrennten Gruppen von engen Kanälen 39 und 40 besteht. Die Kanäle 39 verlaufen in dem Festkörper von der Kammer 30 zu den oberen Enden der Reaktionsräume 3, die Kanäle 40 von der Kammer 31 zu den oberen Enden der Reaktionsräume 3. In diesen Kanälen 39 und 40 können sich also die Reaktanten nicht mischen, aber selbst, wenn dies geschähe, können sich in den Kanälen 39 und 40 keine Flammen ausbreiten. Die Mischung der Reaktanten erfolgt erst in den Reaktionsräumen 3, in denen sich gleichfalls keine Flammen ausbreiten können, wenn es sich um ein an sich explosives Reaktionsgemisch handelt. Die explosiven Eigenschaften des Reaktionsgemischs sind stoff- und reaktionsabhängig und müssen ggf. bestimmt werden.

[0048] Durch einen Anschlussstutzen 34 wird der Kammer 30 ein erster Reaktant "R1" und einen weiteren Anschlussstutzen 35 der Kammer 31 ein zweiter Reaktant "R2" zugeführt. Die nicht benötigten Abgase werden gemäß dem Pfeil 32 abgeführt, das Produkt gemäß dem Pfeil 33 abgezogen, und der Sumpf kann durch die Leitung 12 entleert werden. Fig. 8 zeigt zusätzlich noch einen Anschlussstutzen 36 für einen dritten Reaktanten "R3" und/oder ein Lösungsmittel wie Wasser. Die beidseitig aufgebrachten Platten 41 sind

nur sehr schematisch angedeutet.

[0049] Die Fig. 9 zeigt eine Unteransicht des Deckels 28 des Druckbehälters 25 nach Fig. 8. Bohrungen 28a dienen zur Verschraubung.

[0050] Die Fig. 10 unterscheidet sich dadurch von Fig. 8, daß als Verteilermedium 38 oberhalb des Blocks 24 aus Wandelementen 1 ein Schüttkörper angeordnet ist, der aus wärmeleitenden Partikeln besteht, beispielsweise aus Sand, Splitt, Metallspänen, Metallfasern oder dergleichen, die auf einem nicht gezeigten Siebboden ruhen. In diesem Verteilermedium 38 mischen sich die Reaktanten R1 und R2 nach statistischer Verteilung schon vor dem Eintritt in die Reaktionsräume 3. Das Verteilermedium bildet jedoch so enge Zwischenräume, daß ihn ihnen gleichfalls keine Flammenausbreitung mit Explosionsfolgen eintreten kann.

[0051] Die Raumlage der Wandelemente 1 ist praktisch beliebig: Sie können gemäß den Figuren in einer waagrechten Reihenanordnung angeordnet sein, sie können aber auch in einem senkrechten Stapel angeordnet sein. Auch die Richtung der Parallelströmungen kann praktischen Bedürfnissen angepaßt sein: Wie gezeigt, können die Parallelströmungen senkrecht von oben nach unten geführt werden, aber auch umgekehrt von unten nach oben. Auch können die Parallelströmungen waagrecht verlaufen. Im Ergebnis kann der Block 24 mit den Platten 41 und den Anschlüssen in verschiedene Raumlagen "gedreht" werden.

Bezugszeichenliste

1 Wandelemente
2 Seitenflächen
3 Reaktionsräume
4 Pfeil
5 Hohlräume
6 Schmalseiten
7 Boden
8 Flanschverbindung
9 Leitung
10 Leitung
11 Leitung
12 Leitung
13 Abstandshalter
14 Ausnehmungen
15 Zuleitungskanal
16 Zuleitungskanäle
17 Austrittsöffnungen
18 Zuleitung
19 Zuleitung
20 Platten
21 Kanäle
22 Zuleitung
23 Ableitung
24 Block
25 Druckbehälter
26 Spiegel
27 Lösungsmittel
28 Deckel
28a Bohrungen
29 Trennwand
30 Kammer
31 Kammer
32 Pfeil
33 Pfeil
34 Anschlußstutzen
35 Anschlußstutzen
36 Anschlußstutzen
37 Verteilermedium
38 Verteilermedium

39 Kanäle
40 Kanäle
41 Platten
42 Öffnungen
43 Öffnungen
44 Außenseite
45 Strömungskanäle
46 Strömungskanäle
47 Verteilerkörper
48 Verteilerraum
49 Zuleitung
50 Sammelraum
51 Ableitung
52 Verschraubung
53 Pfeile
54 Dichtung
55 Linien
R1 Reaktant
R2 Reaktant
R3 Reaktant
s Spaltweite
A Ausschnitt (aus Fig. 3)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Durchführen von Reaktionen zwischen mindestens zwei fluiden Reaktanten (R1, R2) unter Verwendung eines Reaktors, in dem sich Wandelemente (1), spaltförmige Reaktionsräume (3) und Hohlräume (5) zur Durchleitung eines fluiden Wärmeträgers befinden, **dadurch gekennzeichnet**, daß

a) die spaltförmigen Reaktionsräume (3) zwischen Seitenflächen (2) von jeweils zwei im wesentlichen gleich großen und im wesentlichen quaderförmigen Wandelementen (1) gebildet werden und daß die Wandelemente (1) austauschbar in einem Block (24) innerhalb eines virtuellen Quaders angeordnet werden,

b) die Reaktanten (R1, R2) von auf der gleichen Seite des Blocks (24) liegenden Randbereichen aus in die spaltförmigen Reaktionsräume (3) eingeleitet und als Reaktionsgemisch in gleichen Richtungen in Parallelströmen durch die Reaktionsräume (3) geleitet werden und daß,

c) der fluide Wärmeträger durch die im Innern der Wandelemente (1) verlaufenden Hohlräume (5) hindurchgeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Reaktant durch die Wandelemente (1) zugeführt und durch mindestens eine der Seitenflächen (2) der Wandelemente (1) in den betreffenden Reaktionsraum (3) eingeleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens einer Seite des Blocks (24) ein Verteilermedium (37, 38) angeordnet wird, von dem aus die Reaktionsräume (3) mit den Reaktanten (R1, R2) versorgt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Verteilermedium (37) ein Festkörper mit Gruppen von Kanälen (39, 40) verwendet wird, deren Querschnitte so klein gewählt werden, daß in ihnen bei der Zufuhr von Reaktanten (R1, R2), die ein explosives Gemisch bilden, keine Flammenausbreitung möglich ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Verteilermedium (38) ein Schüttkörper mit einer Korngröße und Zwischenräumen verwendet wird, die so klein gewählt werden, daß in ihnen bei der

Zufuhr von Reaktanten (R1, R2), die ein explosives Gemisch bilden, keine Flammenausbreitung möglich ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spaltweite der Reaktionsräume (3) zwischen 0,05 und 5 mm gewählt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsräume (3) mit granulatförmigem Katalysator gefüllt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die den Reaktionsräumen (3) zugekehrten Seitenflächen (2) der Wandelemente (1) mindestens stellenweise mit Katalysatormaterial überzogen werden.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die den Reaktionsräumen (3) zugekehrten Seitenflächen (2) der Wandelemente (1) zur Vergrößerung der Oberfläche mit einer Profilstruktur versehen werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandelemente (1) mindestens teilweise in ein Lösungsmittel (27) eingetaucht werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Lösungsmittel (27) Wasser verwendet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß dem Lösungsmittel (27) mindestens ein stabilisierender Zusatz gegen einen Zerfall oder Abbau des Reaktionsprodukts zugesetzt wird.

13. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch die Verwendung zur Direktsynthese von Wasserstoffperoxid aus Wasserstoff und Sauerstoff oder einem O₂ enthaltenden Gas in Gegenwart eines mindestens ein Element aus der 8. und/oder 1. Nebengruppe enthaltenden Katalysators und Wasser oder Wasserdampf.

14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch die Verwendung zur Herstellung von Acrylsäure aus Propen und einem O₂ enthaltenden Gas in Gegenwart eines Katalysators.

15. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch die Verwendung zur Herstellung von Acrylsäure aus Propen und einem O₂ enthaltenden Gas in Gegenwart eines Katalysators und Promotors.

16. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch die Verwendung zur Herstellung von Ethylen- oder Propylenoxid aus Ethylen bzw. Propylen und gasförmigem Wasserstoffperoxid in Gegenwart eines oxidischen oder silikatischen Katalysators.

17. Vorrichtung zum Durchführen von Reaktionen zwischen mindestens zwei fluiden Reaktanten (R1, R2) unter Verwendung eines Reaktors, in dem sich Wandelemente (1), spaltförmige Reaktionsräume (3) und Hohlräume (5) zur Durchleitung eines fluiden Wärmeträgers befinden, dadurch gekennzeichnet, daß

a) die spaltförmigen Reaktionsräume (3) zwischen Seitenflächen (2) von jeweils zwei im wesentlichen gleich großen und im wesentlichen quaderförmigen Wandelementen (1) angeordnet sind und daß die Wandelemente (1) austauschbar in einem Block (24) innerhalb eines virtuellen Quaders angeordnet sind,

b) die Zufuhr der Reaktanten in die spaltförmigen Reaktionsräume (3) von der gleichen Seite des Blocks (24) durchführbar ist, wobei das Reaktionsgemisch in gleichen Richtungen und in Parallelströmen durch die Reaktionsräume (3) hin-

durchführbar ist, und daß

c) die Wandelemente (1) mindestens je einen Hohlraum (5) zum Hindurchleiten des fluiden Wärmeträgers durch das Wandelement (1) besitzen.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß in den Wandelementen (1) jeweils mindestens ein Zuleitungskanal (16) für mindestens einen Reaktanten angeordnet ist, der durch mindestens eine der Seitenflächen (2) der Wandelemente (1) in den betreffenden Reaktionsraum (3) einmündet.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens einer Seite des Blocks (24) ein Verteilermedium (37, 38) angeordnet ist, durch das die Reaktionsräume (3) mit den Reaktanten (R1, R2) versorgbar sind.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Verteilermedium (37) ein Festkörper mit Gruppen von Kanälen (39, 40) ist, deren Querschnitte so klein gewählt sind, daß in ihnen bei der Zufuhr von Reaktanten (R1, R2), die ein explosives Gemisch bilden, keine Flammenausbreitung möglich ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Verteilermedium (38) ein Schüttkörper mit einer Korngröße und Zwischenräumen ist, die so klein gewählt sind, daß in ihnen bei der Zufuhr von Reaktanten (R1, R2), die ein explosives Gemisch bilden, keine Flammenausbreitung möglich ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Spaltweite ("s") der Reaktionsräume (3) zwischen 0,05 und 5 mm beträgt.

23. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsräume (3) mit granulatförmigem Katalysator gefüllt sind.

24. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die den Reaktionsräumen (3) zugekehrten Seitenflächen (2) der Wandelemente (1) mindestens stellenweise mit Katalysatormaterial überzogen sind.

25. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die den Reaktionsräumen (3) zugekehrten Seitenflächen (2) der Wandelemente (1) zur Vergrößerung der Oberfläche mit einer Profilstruktur versehen sind.

26. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandelemente (1) mindestens teilweise in ein Lösungsmittel (27) eingetaucht sind.

27. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsräume (3) an den parallel zur Strömungsrichtung der Reaktanten (R1, R2) verlaufenden Schmalseiten (6) der Wandelemente (1) durch Platten (41) überdeckt sind, in denen sich Öffnungen (43) für die Zu- und Ableitung eines Wärmeträgers in die Wandelemente (1) und aus den Wandelementen (1) befinden.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß sich in den Platten (41) weitere Öffnungen (42) für die Zuleitung mindestens eines der Reaktanten (R1, R2) in die Wandelemente (1) befinden und daß die Wandelemente (1) mit mindestens je einem Zuleitungskanal (16) versehen sind, der über Austrittsöffnungen (17) in jeweils einen der Reaktionsräume (3) einmündet.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandelemente (1) jeweils mit einer Gruppe von Hohlräumen (5) versehen sind, die parallel zu den Seitenflächen (2) der Wandelemente (1) verlaufen und an ihren Enden durch die auf die Schmalseiten (6) der Wandelemente (1) aufgesetzten Platten (41)

verschlossen sind, in denen sich die mit den Hohlräumen (5) fluchtenden Öffnungen (43) für den Wärmeträger befinden.

30. Vorrichtung nach Anspruch 27 und 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (41) auf ihren Außenseiten (44) und vor den Öffnungen (42, 43) mit quer zu den Wandelementen (1) verlaufenden Strömungskanälen (45, 46) für mindestens einen der Reaktanten (R1, R2) und/oder den Wärmeträger versehen sind.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten (41) auf ihren den Wandelementen (1) abgekehrten Außenseiten (44) von einem Verteilerkörper (47) überdeckt sind, in dem sich die Strömungskanäle (45, 46) befinden, in die die Öffnungen (42, 43) der Platten (41) einmünden.

32. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandelemente (1) als Block (24) in einem Druckbehälter (25) untergebracht sind.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckbehälter (25) mindestens teilweise mit einem Lösungsmittel (27) füllbar ist.

34. Vorrichtung nach den Ansprüchen 19 und 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckbehälter (25) einen Deckel (28) mit einer Trennwand (29) und zwei Anschlußstutzen (34, 35) für die Zuleitung von zwei Reaktanten (R1, R2) besitzt, welche Trennwand (29) auf das Verteilermedium (37, 38) aufsetzbar ist.

35. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Spaltweite ("s") der Reaktionsräume (3) durch Variation der Dicke von Abstandshaltern (13) veränderbar ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

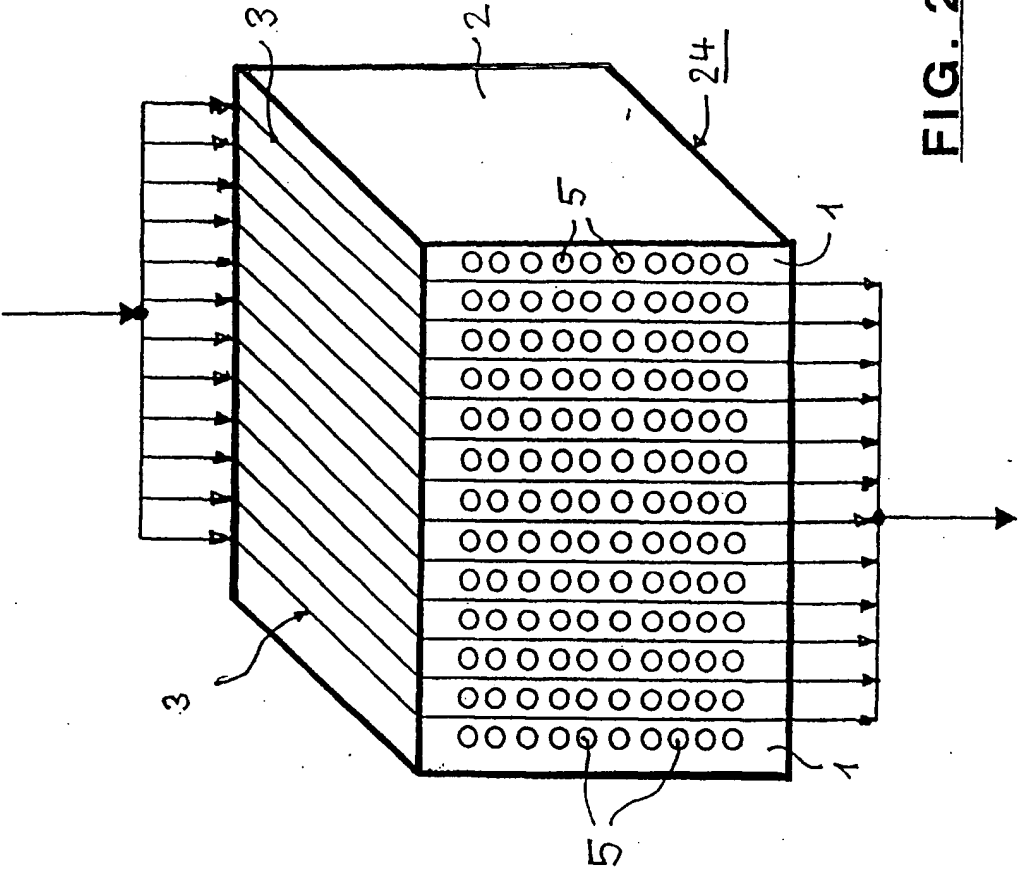


FIG. 2

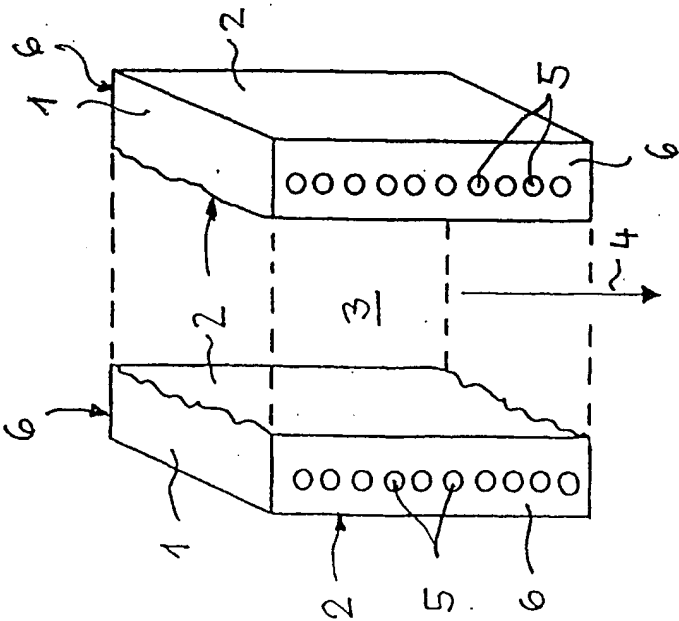


FIG. 1

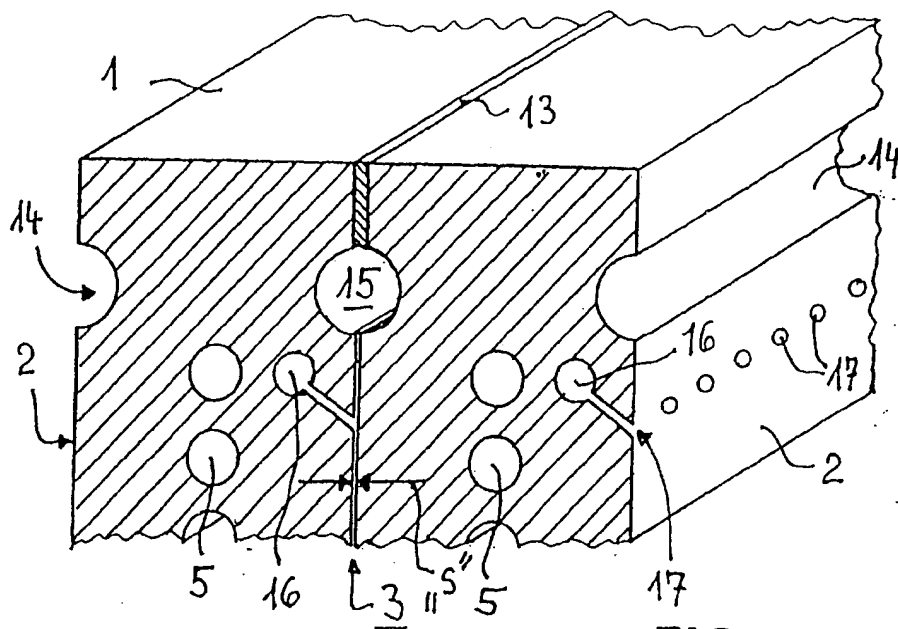


FIG. 4

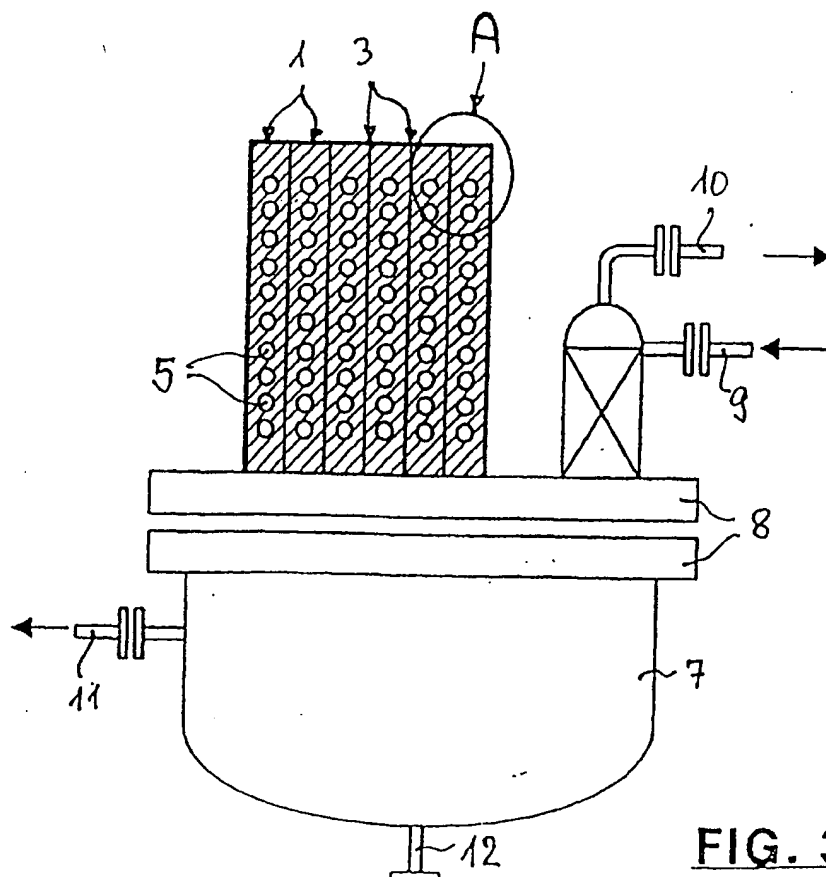


FIG. 3

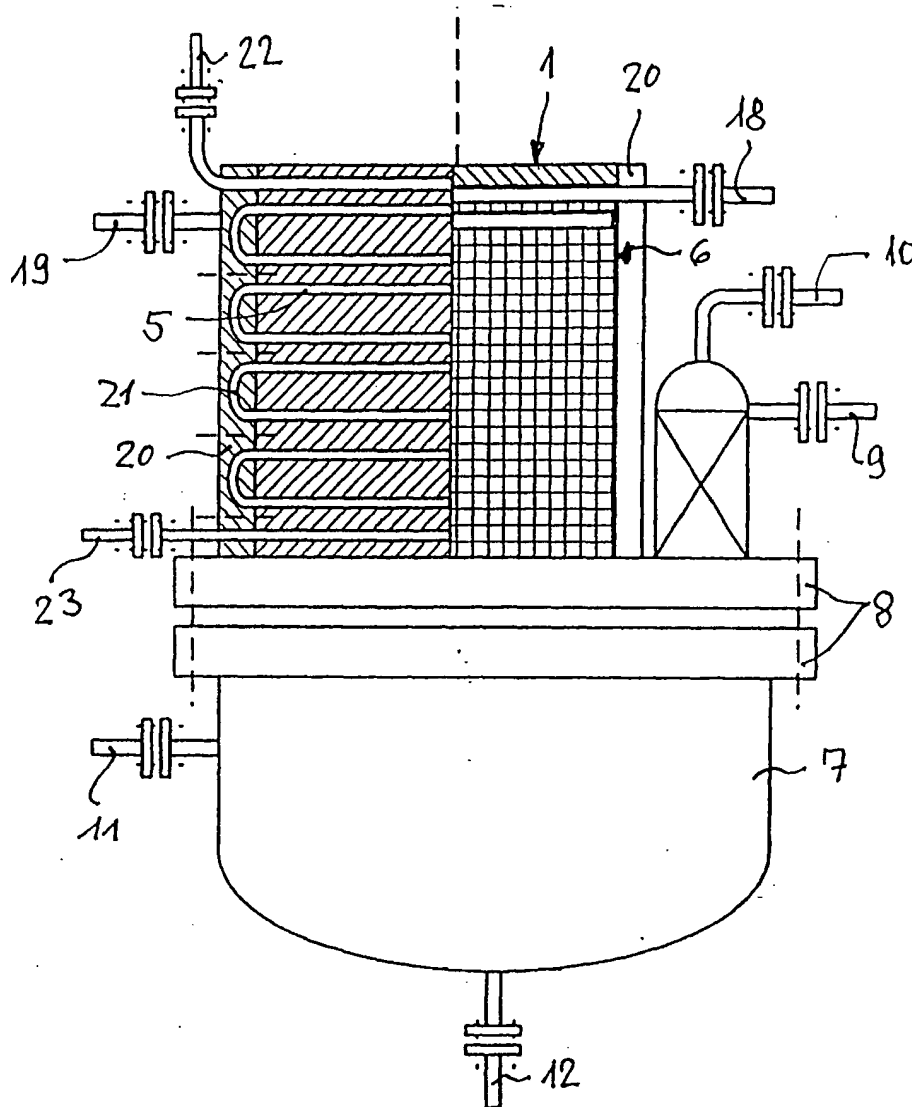


FIG. 5

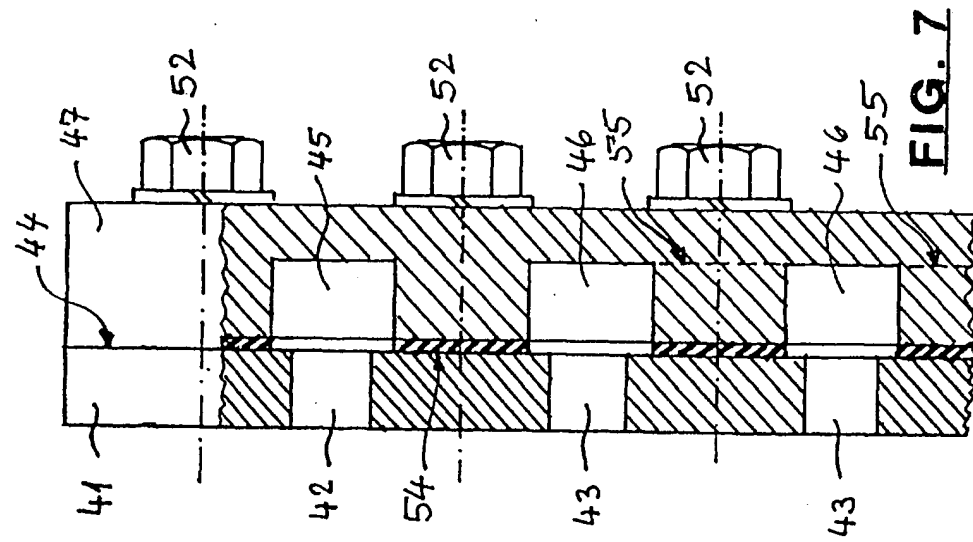


FIG. 7

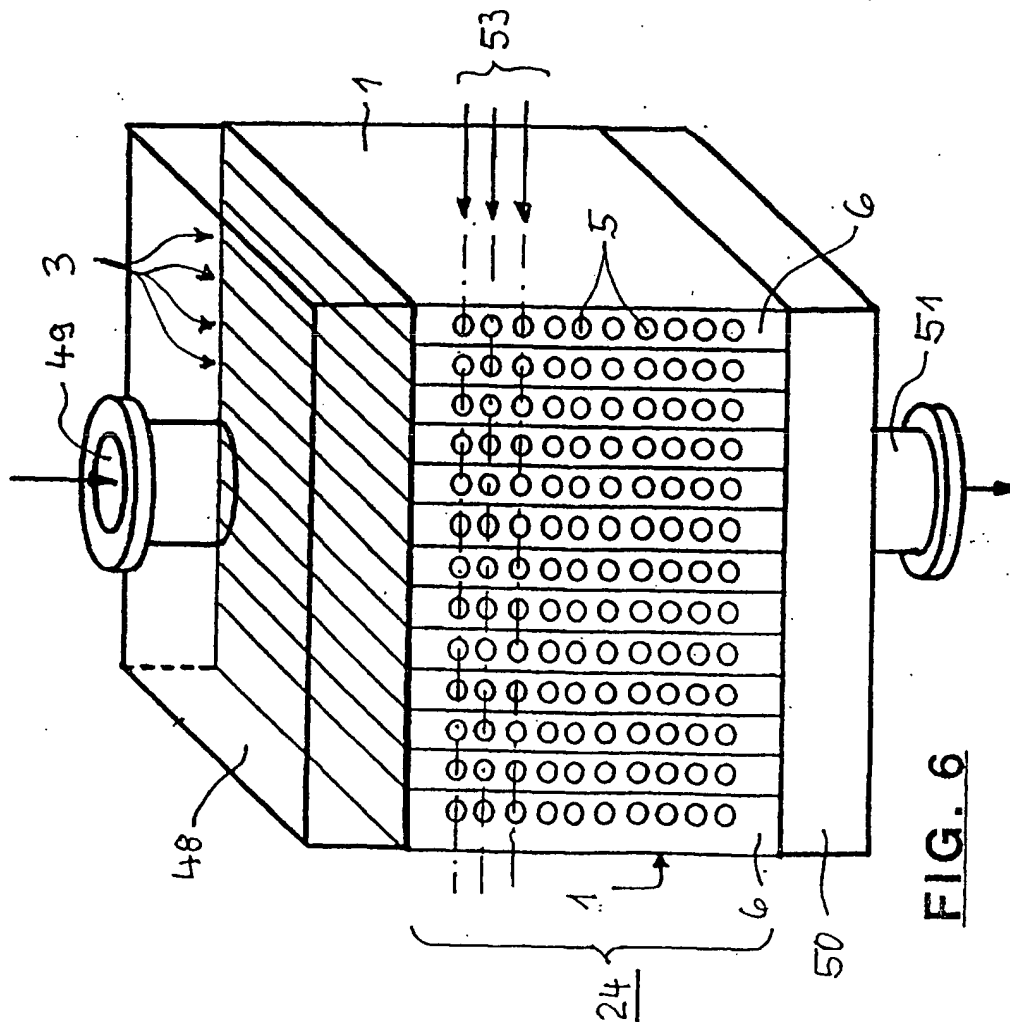
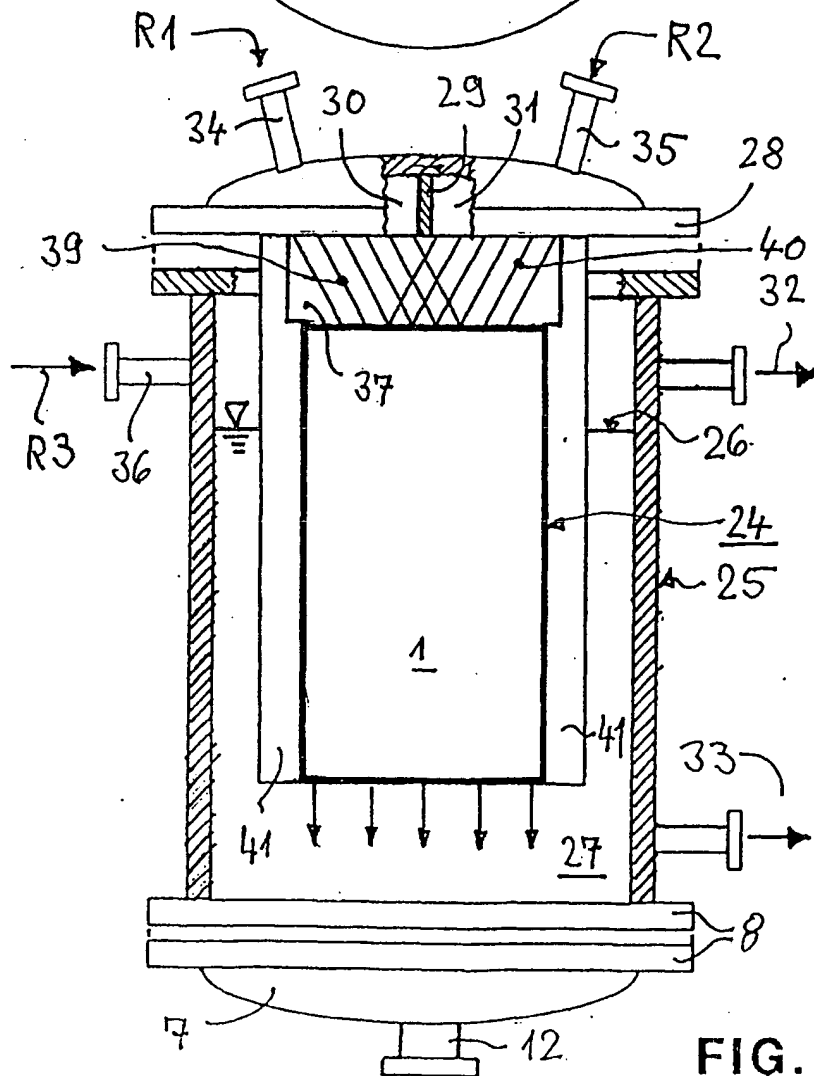
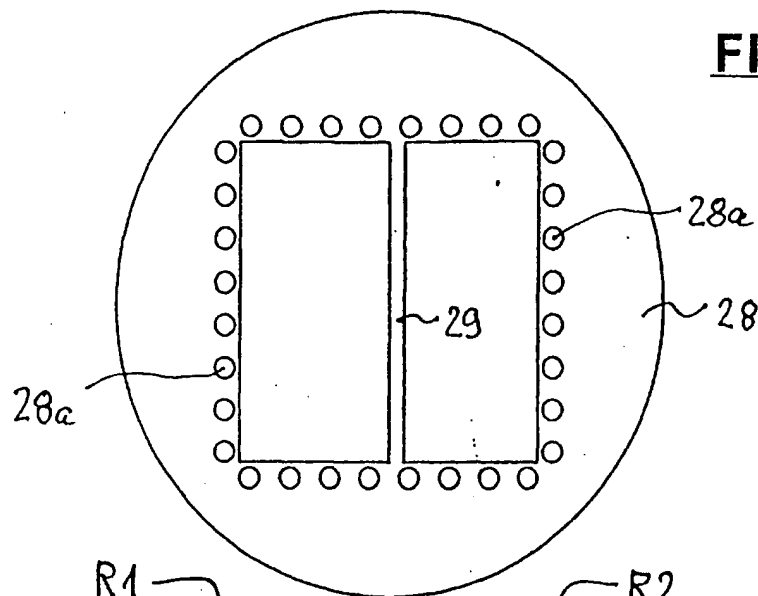


FIG. 6

FIG. 9



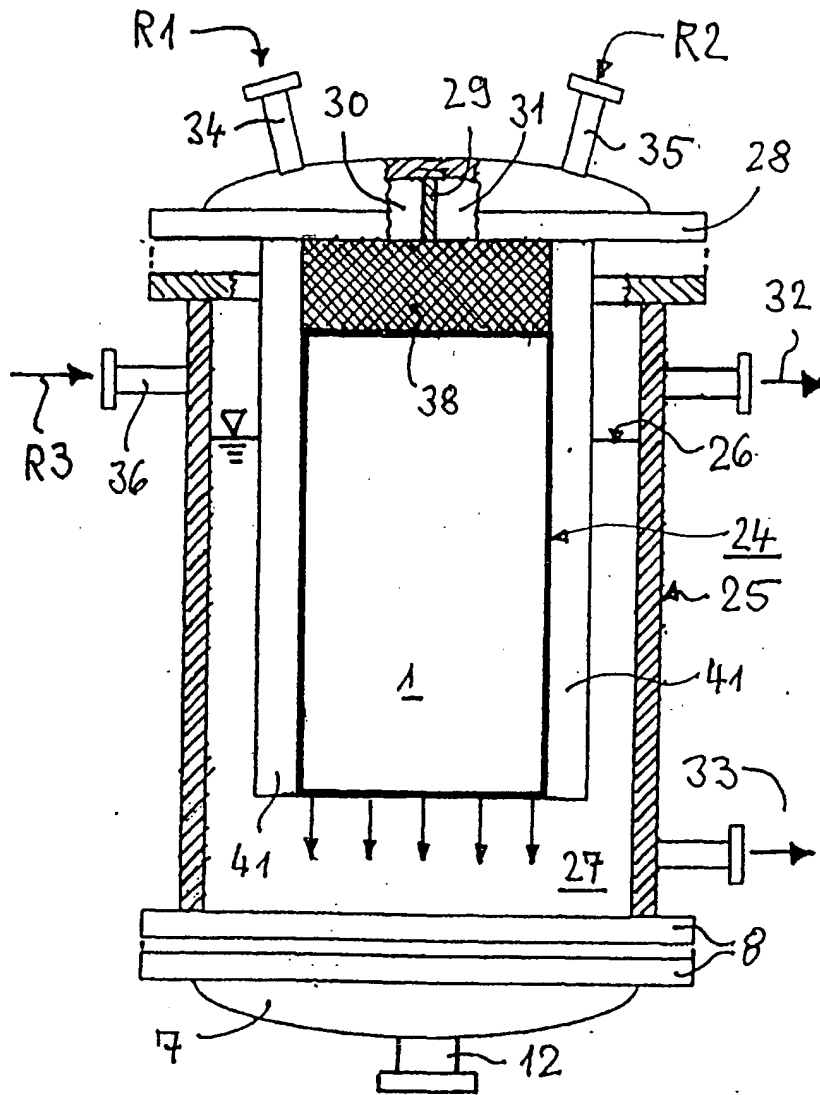


FIG. 10